

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-054213

(43)Date of publication of application : 25.02.1997

(51)Int.Cl.

G02B 5/30  
 G02B 27/18  
 G02F 1/13  
 G02F 1/1335  
 G03B 33/12  
 H04N 5/74

(21)Application number : 08-075343

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 05.03.1996

(72)Inventor : SHIMOMURA HIDEAKI  
 NUMAZAKI KIYOSHI  
 OIKAWA YOSHIRO  
 SHIMAMURA NAOTAKA  
 UEDA MOTOI  
 HASEGAWA TAKESHI

(30)Priority

Priority number : 07 72372  
 07168298

Priority date : 06.03.1995  
 09.06.1995

Priority country : JP

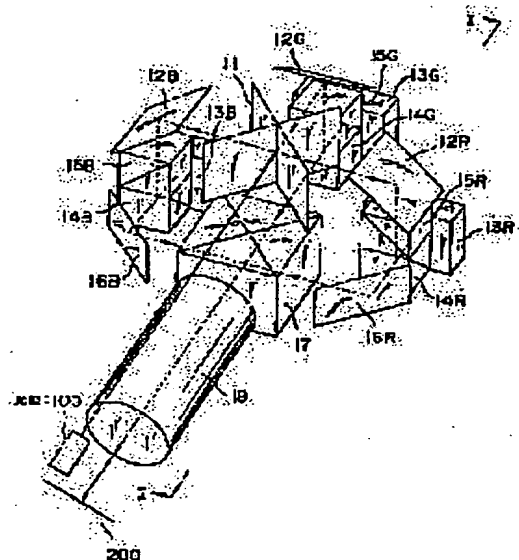
JP

## (54) PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to assure the performance optically stable to the influence of various thermal stresses and external stresses so as to effectively suppress the deterioration in the quality of projected images.

SOLUTION: This projection type display device has spatial optical modulation elements 13R, 13G, 13B, polarization beam splitters 14R, 14G, 14B which polarize incident light, irradiate these spatial optical modulation elements 13R, 13G, 13B with the polarized light and detect the reflected light modulated from the spatial optical modulation elements 13R, 13G, 13B and a projecting lens 18 which projects the light rays detected by these polarization beam splitters 14R, 14G, 14B onto a screen 20. The polarization beam splitters 14R, 14G, 14B are composed of members consisting of translucent materials which have refractive indices of  $\geq 1.8$  and of which the absolute value of the photoelastic constant is  $\leq 1.5 \times 10^{-8}/N$  to incident rays of wavelengths of 0.4 to 0.7  $\mu m$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
 examiner's decision of rejection or application converted  
 registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-54213

(43) 公開日 平成9年(1997)2月25日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 5/30			G 0 2 B 5/30	
			27/18	Z
G 0 2 F 1/13	5 0 5		G 0 2 F 1/13	5 0 5
	1/1335		1/1335	
G 0 3 B 33/12			G 0 3 B 33/12	
審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 23 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-75343

(22) 出願日 平成8年(1996)3月5日

(31) 優先権主張番号 特願平7-72372

(32) 優先日 平7(1995)3月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平7-168298

(32) 優先日 平7(1995)6月9日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 下村 英明

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内

(72) 発明者 沼崎 潔

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内

(72) 発明者 及川 義朗

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内

(74) 代理人 弁理士 四宮 通

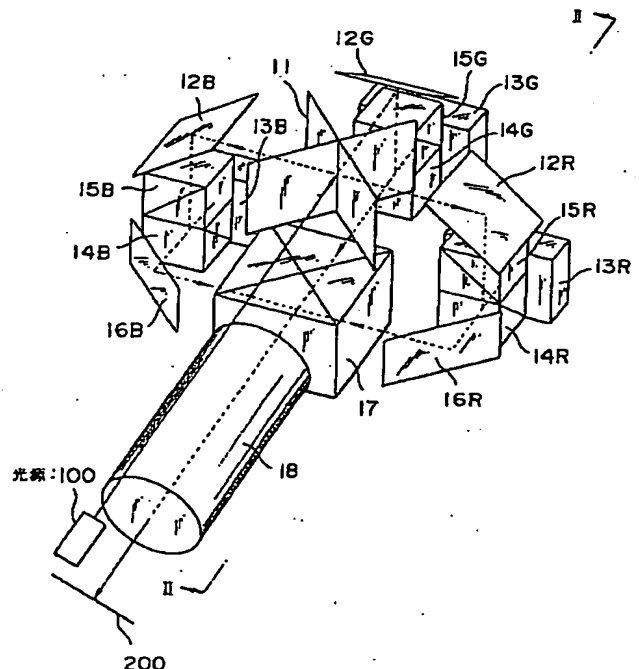
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射型表示装置

(57) 【要約】

【課題】 種々の熱応力、外部応力の影響に対して光学的に安定な性能を確保でき投射画像の画質劣化を効果的に抑制する投射型表示装置を提供する。

【解決手段】 投射型表示装置は、空間光変調素子13R、13G、13Bと、入射光を偏光して空間光変調素子13R、13G、13Bに照射させるとともに、空間光変調素子13R、13G、13Bからの変調された反射光を検光する偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bと、偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bにより検光された光をスクリーン200上に投射する投射レンズ18とを備える。偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bは、1.8以上の屈折率を有するとともに、波長0.4 $\mu$ m~0.7 $\mu$ mの入射光に対し、その光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料からなる部材から構成されている。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 空間光変調素子と、

入射された光を偏光して前記空間光変調素子に照射するとともに、該空間光変調素子からの変調された反射光を検光する偏光ビームスプリッタと、  
前記偏光ビームスプリッタにより検光された光を所定の面上に投射する投射光学系とを備えるとともに、  
前記偏光ビームスプリッタは、誘電体多層膜と、この誘電体多層膜を挟み込む透光性材料部材から構成され、  
前記透光性材料部材は、当該ビームスプリッタに入射される、所定波長の光に対し、その光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下である透光性材料からなることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項2】 前記偏光ビームスプリッタにより偏光され前記空間光変調素子に向かって照射されるべき光が入射する、該偏光ビームスプリッタの入射側に配置され、前記空間光変調素子に該偏光ビームスプリッタから照射される該光の偏光の純度を上げるための第1の補助偏光ビームスプリッタであって、該第1の補助偏光ビームスプリッタは、誘電体多層膜と、この誘電体多層膜を挟み込む透光性材料部材から構成され、該透光性材料部材は、当該ビームスプリッタに入射される、所定波長の光に対し、その光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下である透光性材料からなることを特徴とする請求項1記載の投射型表示装置。

【請求項3】 前記偏光ビームスプリッタと前記投射光学系との間の光路中に配置され、該偏光ビームスプリッタにより検光された後に前記投射光学系に照射される光の偏光の純度を上げるための第2の補助偏光ビームスプリッタであって該第2の補助偏光ビームスプリッタは、誘電体多層膜と、この誘電体多層膜を挟み込む透光性材料部材から構成され、該透光性材料部材のそれぞれは、当該ビームスプリッタに入射される、所定波長の光に対し、その光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下である透光性材料からなることを特徴とする請求項1又は2記載の投射型表示装置。

【請求項4】 前記誘電体多層膜は、第1の誘電体多層膜と第2の誘電体多層膜とを少なくとも含み、該第1および第2の誘電体多層膜のそれぞれは、  
2つの異なる中心波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ においてその光学的膜厚が $\lambda_1/4$ の高屈折率物質と、その光学的膜厚が $\lambda_2/4$ の低屈折率物質とで構成された2層を基本周期として、 $n$ 周期（ $n$ は任意の整数）積層されてなる交互層と、  
前記交互層の両側に形成された光学的膜厚 $\lambda_1/8$ の前記高屈折率物質、または光学的膜厚 $\lambda_2/8$ の低屈折率物質のいずれか一方とからなる薄膜調整層とを備え、  
前記第1の誘電体多層膜の交互層と、第2の誘電体多層膜の交互層とが、互いに異なる種類の物質の組み合わせにより構成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の投射型表示装置。

【請求項5】 前記第1の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{SiO}_2$ とからなる組合せが適用され、

前記第2の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{Al}_2\text{O}_3$ とからなる組合せが適用されることを特徴とする請求項4記載の投射型表示装置。

【請求項6】 前記第1の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{SiO}_2$ とからなる組合せが適用され、

前記第2の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{ZrO}_2$ と低屈折率物質 $\text{MgF}_2$ とからなる組合せが適用されることを特徴とする請求項4記載の投射型表示装置。

【請求項7】 前記透光性材料部材は、屈折率が1.8以上の透光性材料であって、当該偏光ビームスプリッタに入射する、波長 $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ の光に対し、その光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下である透光性材料からなることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項記載の投射型表示装置。

【請求項8】 前記透光性材料部材のそれぞれは、波長 $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ の光に対し、その光弾性定数の絶対値が $0.1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下である透光性材料からなることを特徴とする請求項1～7のいずれか一項記載の投射型表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、空間光変調素子を利用した投射型表示装置に関し、特に、外部応力の影響に対して光学的に安定な性能を確保し投射画像の画質劣化を効果的に抑える構造を備えた投影型表示装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来から投射型表示装置用に用いられる空間光変調素子としては、偏光を利用して光を空間的に変調する位相差変調型（偏光変調型）の空間光変調素子が知られている。そして、この位相差変調型の空間光変調素子として、例えば液晶を用いて構成されたもの（位相差変調型液晶ライトバルブ）が実用化されている。

【0003】このような位相差変調型の空間光変調素子を用いた従来の投射型表示装置では、偏光子及び検光子となる偏光ビームスプリッタ（主偏光ビームスプリッタ）が用いられる。以下の説明では、該偏光ビームスプリッタは、S偏光成分を反射させるとともにP偏光成分を透過させる特性を有するものとする。従来の投射型表示装置では、偏光ビームスプリッタに入射された光（照明の光源から直接入射された光又は入射前に色分解された光など）がこの偏光ビームスプリッタによりP偏光成分とS偏光成分の光に分離され、通常、分離された光のうちS偏光成分は空間光変調素子に対して照射される。そして、この空間光変調素子の液晶層により変調され、

かつ反射された光は、再び偏光ビームスプリッタに戻る。この際、該空間光変調素子 4 からの反射光は上述の偏光ビームスプリッタにより検光される。上述の偏光ビームスプリッタでは S 偏光成分は反射されるので、空間光変調素子により変調されて P 偏光となった光のみが該偏光ビームスプリッタを透過する。この透過した光（すなわち、検光された光）が投射光学系を介して投射画像としてスクリーン等に投射される。

【0004】このような投射型表示装置に使用される偏光ビームスプリッタとしては、従来、例えばヒューズエアクラフト社の米国特許第 4, 687, 301 号公報に開示されているように、屈折率が調整された液体中に偏光ビームスプリッタ用のコーティングが施された透光性材料板を浸漬させた構成の液体浸漬型の偏光ビームスプリッタが多く提案されてきた。なお、上記液体の屈折率は、所定の液温で浸漬された透光性材料板の屈折率と同一になるように調整されている。このように液体中に浸漬する理由は、空気中では、コーティングの界面が空気対透光性材料となり、屈折率が異なるために偏光ビームスプリッタとして機能しないためである。

【0005】ここで、上述の液体浸漬型の偏光ビームスプリッタ 1 を採用した従来の投射型表示装置の一例の主要部を示す模式図を、図 34 に示す。この偏光ビームスプリッタ 1 は、屈折率が調整された液体 2 中に偏光ビームスプリッタ用のコーティングが施された透光性材料板 3 を浸漬させた構成となっている。また、偏光ビームスプリッタ 1 の付近には位相差変調型の空間光変調素子 4 が配置されている。偏光ビームスプリッタ 1 に入射した光 1a は、偏光ビームスプリッタ 1 により P 偏光成分と S 偏光成分の光に分離され、このうち S 偏光成分が空間光変調素子 4 に対して照射される。そして、空間光変調素子 1 の液晶層等により変調され、かつ反射された光は、偏光ビームスプリッタ 1 に戻る。この際、該空間光変調素子 4 からの反射光は偏光ビームスプリッタ 1 により検光される。この検光された光 1b は投射光学系を介して投射画像としてスクリーン等に投射される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタを採用した投射型表示装置の場合、以下のような課題がある。

【0007】第一に、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、透光性材料板が浸漬される液体の屈折率の変化は、該液温の変化に依存する。すなわち、ある液温で屈折率が調整されている液体でも、該液体自体の温度変化によって、該液体の屈折率と該透光性材料板の屈折率との間に差を生じる。これにより、当該偏光ビームスプリッタ全体の性能が変化する。例えば、あるサンプル

（上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタ用の液体）の場合、1℃の温度上昇につき、屈折率は 0.000349 程度変化するが、この変化率は一般の透光性材料板の基

板材料のそれより 2 桁大きい。通常、投射型表示装置の使用環境（例えば温度）は約 20℃～60℃程度変化する可能性があり、この屈折率の差は無視できないものとなる。また、分散も変化するため、投射画像において色ズレや色ムラの原因となる。

【0008】第二に、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、液温が該液体全体にわたって均一でない場合、上述した液体の屈折率の温度特性により、該液体の屈折率の均一性が損なわれ、該液体中に屈折率分布が生じてしまう。現実的な投射型表示装置においては、液温が該液体全体に渡って均一に変化することはなく（液体全体の屈折率は均一にはならない）、したがって、投射画像の均一性が損なわれる大きな原因となる。

【0009】第三に、液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、上記液体の不均一な温度変化に伴い、上述した該液体の屈折率とともに該液体の密度の均一性も損なわれ、結果的に該液体中对流が生じる。この対流は、上述した液体中の不均一な屈折率の分布の時間変動をもたらすので、該対流の発生は投射型表示装置における画質の不均一性が時間とともに変動する原因となる。

【0010】第四に、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、液温変化に伴い上記液体自身の体積も変化する。上述のサンプルの場合、1℃の液温変化に対し、その体積は 1cc 当たり 0.00073cc 変化する。投射型表示装置の使用環境（例えば温度）としては 40℃程度の温度差であるが、その輸送や倉庫での保管を考慮した場合、-10℃～80℃ほどの温度範囲を考慮する必要がある。該液体の体積変化自体は投射画像への影響は小さいが、当該装置の構造上、液体の体積変化を吸収するためのなんらかの機構を設ける必要となる。

【0011】第五に、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタの液体中にゴミがある場合、該液体浸漬型偏光ビームスプリッタを採用した投射型表示装置では、該液体中のゴミが焦点位置の近辺でなくても、該液体中のゴミが数十～数百倍に拡大された投射画像中に写ってしまう。このような状況を考慮すると、決して該液体中にはゴミがあってはならない。したがって、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタの組立にはクリーンルームが必要となる上、該液体のゴミや異物を除去する作業が必要となる。

【0012】第六に、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、その液体中に気泡があると、該気泡が投射された画像に現れてしまうので、これもあらかじめ取り除いておく必要がある。

【0013】第七に、上記液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、構造上、液体を使用するために、該液体を收容するケースに Oリングを設けるなど、液漏れ防止の対策を施す必要がある。

【0014】以上のように、液体浸漬型偏光ビームスプリッタは、その構造的特徴等から課題も多く、これを採

用した投射型表示装置は、必然的に製作に非常に手間がかかり、コストアップにつながっている。特に、該液体の液温変化による、屈折率等の特性変化に関しては、本質的に避け難い問題である。なお、液体浸漬型偏光ビームスプリッタでは、屈折率の関係で、設置角度を光軸に対して $45^\circ$ にすることができないため、当該偏光ビームスプリッタを採用した投射型表示装置は大きく重いものになってしまう。

【0015】一方、透光性材料ブロックにより構成された従来の偏光ビームスプリッタでは、種々の原因で生じるガラスの光学的異方性が複屈折を誘発し、該偏光ビームスプリッタの偏光特性を乱してしまう可能性があり、投射画像の画質劣化を十分に抑制することができない。ここで、種々の原因とは、主に、透光性材料の加工工程（切断、他の材料との接合、表面への成膜）や、透光性材料を光学系に組み込む操作（治具での保持、接着など）の際に生じる外部応力や、透光性材料内部の発熱（光エネルギーの吸収など）あるいは外部の発熱（周辺機器の発熱など）などにより生じる熱応力、さらに発熱の際に、透光性材料と熱膨張率の異なる材料を接触接合した場合に生じる応力などである。このように、これら種々の熱応力や外部応力が生じる時期は、透光性材料ブロックの作製、偏光ビームスプリッタ加工から、投射型表示装置使用中に至っており、全てを排除することは非常に難しい。

【0016】この発明は以上の課題を解決するためになされたものであり、透光性材料ブロックで構成された偏光ビームスプリッタを採用することにより、上述した液体浸漬型偏光ビームスプリッタの採用に伴う種々の課題を除去するとともに、しかも、該透光性材料ブロックにおける種々の熱応力、外部応力の影響に対して光学的に安定な性能を確保でき画質の劣化の少ない投射型表示装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】この発明は、発明者らが、投射型表示装置に適用される偏光ビームスプリッタ用あるいは偏光特性を高精度に保存すべき部材用の透光性材料ブロック（透光性材料部材）の光弾性定数を変えることにより、該投射型表示装置により所定の面上に投射された画像の画質を有効に制御できることを発見したことにより実現されたものである。

【0018】したがって、この発明に係る投射型表示装置は、上記透光性材料部材から構成される偏光ビームスプリッタを備え、該部材における種々の熱応力、外部応力の影響に対して光学的に安定な性能を確保して投射画像の画質劣化を低減させる構造を備えた装置であって、空間光変調素子と、上記偏光ビームスプリッタと、そして、投射光学系を備える。特に、上記偏光ビームスプリッタは、誘電体多層膜と、この誘電体多層膜を挟み込む透光性材料部材から構成され、この透光性材料部材は、

屈折率が1.8以上の透光性材料であって、当該偏光ビームスプリッタに入射する、波長 $0.4\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$ の光に対し、その光弾性定数の絶対値が $1.5\times 10^{-8}\text{cm}^2/\text{N}$ 以下である透光性材料からなる。

【0019】当該偏光ビームスプリッタとしては、入射する入射光の波長（ $\lambda=0.4\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$ ）に対してその光弾性定数の絶対値が $1.5\times 10^{-8}\text{cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料からなる透光性材料部材（ブロック状の光学ガラス基体）を用いて構成された偏光ビームスプリッタが用いられており、前記従来の液体浸漬型の偏光ビームスプリッタを用いていない。したがって、この発明によれば、発明者が発見した、対流やゴミや気泡などの従来の液体浸漬型偏光ビームスプリッタを採用することに伴う種々の課題を除去することができ、当該投射型表示装置の製造が容易になる等の利点を得られる。また、上記偏光ビームスプリッタを構成する透光性材料部材（光学ガラス基体）の屈折率は1.8以上であるので、光軸に対して $45^\circ$ の角度で設置することができる偏光ビームスプリッタが得られる。これにより、当該投射型表示装置全体の小型化を実現することができる。

【0020】一方、上記誘電体多層膜は、第1の誘電体多層膜と第2の誘電体多層膜とを少なくとも含む。そして、これら第1及び第2の誘電体多層膜のそれぞれは、2つの異なる中心波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ においてその光学的膜厚が $\lambda_1/4$ の高屈折率物質と、その光学的膜厚が $\lambda_2/4$ の低屈折率物質とで構成された2層を基本周期として、 $n$ 周期（ $n$ は任意の整数）積層されてなる交互層と、そして、該交互層の両側に形成された光学的膜厚 $\lambda_1/8$ の前記高屈折率物質、または光学的膜厚 $\lambda_2/8$ の低屈折率物質のいずれか一方とからなる薄膜調整層とを備える。さらに、該第1の誘電体多層膜の交互層と、第2の誘電体多層膜の交互層とが、互いに異なる種類の物質の組み合わせにより構成されている。

【0021】具体的には、上記第1の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{SiO}_2$ とからなる組合せが適用され、そして、上記第2の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{Al}_2\text{O}_3$ とからなる組合せが適用される。

【0022】また、上記第1の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{SiO}_2$ とからなる組合せが適用され、そして、上記第2の誘電体多層膜の交互層には、高屈折率物質 $\text{ZrO}_2$ と低屈折率物質 $\text{MgF}_2$ とからなる組合せが適用されてもよい。

【0023】ところで、通常、単一の偏光ビームスプリッタでは消光比（透過するP偏光成分の強度と透過するS偏光成分の強度の比）が例えば10対1程度しかない。したがって、単一の偏光ビームスプリッタで構成された投射型表示装置では得られる投射画像のコントラスト比が大きく取れない。そこで、次の2種類の方法でコントラストの向上を図る。第1の方法は、空間光変調素

子を照射する光（読み出し光）の偏光の純度を上げるために、主偏光ビームスプリッタの前に（すなわち、主偏光ビームスプリッタに対して入射光の入射側に）補助偏光ビームスプリッタ（プリ偏光ビームスプリッタ）を配置する方法である。この構成により、読み出し光の消光比は100対1程度に向上し、得られる投射画像のコントラストも向上する。また、第2の方法は、空間光変調素子で変調されかつ反射された後に偏光ビームスプリッタを透過した光（すなわち、主偏光ビームスプリッタにより検光された後に投射光学系を介してスクリーン上に投射される光）の偏光の純度を上げるため、該主偏光ビームスプリッタに対して投射光学系の側に補助偏光ビームスプリッタ（ポスト偏光ビームスプリッタ）を配置する方法である。この構成によっても、得られる投射画像のコントラストが向上する。

【0024】以上の説明から明らかなように、位相差変調型の空間光変調素子を用いた投射型表示装置においては、偏光ビームスプリッタが投射画像の画質に果たす役割はたいへん大きい。

【0025】したがって、この発明に係る投射型表示装置でも、上述の偏光ビームスプリッタの入射側（空間偏光素子で反射される前の光が入射する該偏光ビームスプリッタの光入射面側）に配置され、空間光変調素子に照射される光の偏光の純度を上げる第1の補助偏光ビームスプリッタ（上述のプリ偏光ビームスプリッタ）を更に備えていてもよい。この第1の補助偏光ビームスプリッタも上述の偏光ビームスプリッタと同様の構成を備えており、誘電体多層膜とこの誘電体多層膜を挟む透光性材料部材からなる。この場合、該第1の補助偏光ビームスプリッタも、当該第1の補助偏光ビームスプリッタに入射する入射光の波長（ $\lambda = 0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ）に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる光学ガラス基体（透光性材料部材）を用いて構成されることが好ましい。なお、上記第1の補助偏光ビームスプリッタは、必ずしも、その光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されていなくてもよい。

【0026】また、この発明に係る投射型表示装置は、上述の偏光ビームスプリッタに対して投射光学系側に配

$$n_1 = n_0 + C_1 \sigma_1 + C_2 (\sigma_2 + \sigma_3)$$

【数2】

$$n_2 = n_0 + C_1 \sigma_2 + C_2 (\sigma_3 + \sigma_1)$$

【数3】

$$n_3 = n_0 + C_1 \sigma_3 + C_2 (\sigma_1 + \sigma_2)$$

ここに、 $C_1$  及び  $C_2$  は光の波長および透光性材料の物質に固有の定数である。

【0030】このような透光性材料に光を入射すると、その方向が  $\sigma_3$  と同一方向になるように座標をとれば、入射光はそれぞれ  $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$  方向の、すなわち互いに振動

置され、前記偏光ビームスプリッタにより検光された後に前記投射光学系により投射される光の偏光の純度を上げる第2の補助偏光ビームスプリッタ（上述のポスト偏光ビームスプリッタ）を更に備えていてもよい。この第2の補助偏光ビームスプリッタも上述の偏光ビームスプリッタ及びプリ偏光ビームスプリッタと同様の構成を備え、誘電体多層膜とこの誘電体多層膜を挟む透光性材料部材からなる。この場合、該第2の補助偏光ビームスプリッタも、当該第2の補助偏光ビームスプリッタに入射する入射光の上記所定波長に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されることが好ましい。なお、上記第2の補助偏光ビームスプリッタは、必ずしも、光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されていなくてもよい。

【0027】好ましい態様としては、上記偏光ビームスプリッタ、第1の補助偏光ビームスプリッタ及び第2の偏光ビームスプリッタのいずれもが、当該ビームスプリッタに入射する入射光の波長（ $\lambda = 0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ）に対してその光弾性定数の絶対値が  $0.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されることである。さらに、当該ビームスプリッタに入射する入射光の該波長に対するその光弾性定数の絶対値が実質的に零の範囲（例えば、 $0.1 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下）の透光性材料からなる光学ガラス基体（透光性材料部材）を用いて構成されることが一層好ましい。

【0028】一般に、等方等質な透光性材料に力を加えて応力を生じさせると、この透光性材料は光学的な異方性が生じ、複屈折性を持つようになる。このような現象は、光弾性効果と呼ばれている。なお、複屈折とは、異方性媒質に光が入射するときに複数の屈折光が現れる現象をいう。応力が生じたときの透光性材料の屈折率はいわゆる屈折率楕円体で表すことができ、このとき、屈折率楕円体の主屈折率軸は主応力に一致する。一般に、主屈折率を  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、主応力を  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ （それぞれ添字が共通なものは同一方向にある）とすると、これらの間には次式のような関係が成立する。

【0029】

【数1】

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

面が直交する2つの直線偏光成分に分かれる。透光性材料から出射するときには、各主応力方向の屈折率

（ $n_1$ 、 $n_2$ ）が異なるため、これら2つの直線偏光成分の間には次式で表されるような光路差（位相差） $\Delta R$ が生じる。

【0031】

$$\begin{aligned}
 \Delta R &= (2\pi/\lambda) (n_2 - n_1) \cdot L \\
 &= (2\pi/\lambda) (C_1 - C_2) (\sigma_2 - \sigma_1) \cdot L \\
 &= (2\pi/\lambda) \cdot C \cdot (\sigma_2 - \sigma_1) \cdot L \quad \dots (4)
 \end{aligned}$$

ここに、 $\lambda$ は光の波長、 $L$ は透光性材料の光透過厚である。 $C = (C_1 - C_2)$ は光弾性定数と呼ばれ、応力によって生じる複屈折の大きさを示す係数（単位応力当たりの複屈折量）である。

【0032】従来考案された透光性材料ブロック（光学ガラス基体）により構成された偏光ビームスプリッタでは、例えばBK7（ドイツ国ショット社製のホウ珪酸ガラスの商品名）のように、耐久性に富み、安価なガラスが用いられていた。しかし、これらのガラス選定に当たって、光弾性定数は全く配慮されておらず、その値は比較的大きなもの（BK7の光弾性定数は波長 $\lambda = 633\text{ nm}$ において $2.78 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ ）であり、熱応力や力学的外部応力により誘起される光学的異方性、およびこれに基づく光路差 $\Delta R$ が無視できない値になっている。すなわち、これらのガラスを用いた偏光ビームスプリッタを投射型表示装置に採用すると、投射画像の画質劣化は著しいものとなる。

【0033】一方、この発明によれば、当該偏光ビームスプリッタに入射する入射光の波長（ $\lambda = 0.4\text{ }\mu\text{m} \sim 0.7\text{ }\mu\text{m}$ ）に対してその光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成された偏光ビームスプリッタが採用されているので、種々の熱応力、外部応力の影響に対して光学的に安定な性能を確保でき画質の劣化が十分に抑えることができる。

【0034】そして、プリ偏光ビームスプリッタ及びポスト偏光ビームスプリッタのうちのいずれか一方又は両方を採用すると、消光比が向上するので、得られる画像のコントラストが向上するので、好ましい。この場合、プリ偏光ビームスプリッタやポスト偏光ビームスプリッタとして、当該ビームスプリッタに入射する入射光の波長（ $\lambda = 0.4\text{ }\mu\text{m} \sim 0.7\text{ }\mu\text{m}$ ）に対してその光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成された偏光ビームスプリッタを用いると、プリ偏光ビームスプリッタやポスト偏光ビームスプリッタに関しても、温度変化に伴う応力の増加に対して従来に比べて十分に光学的に安定な性能を確保でき、画質の劣化が一層少なくなるので、好ましい。もっとも、プリ偏光ビームスプリッタやポスト偏光ビームスプリッタは、偏光子及び検光子のいずれか一方の機能を補助するのみである。したがって、偏光子及び検光子の両方として使用される主偏光ビームスプリッタに比べて投射画像の画質に対する影響が小さいことから、BK7等を基体材料として用いて構成された偏光ビームスプリッタをプリ偏光ビームスプリッタやポスト偏光ビームスプリッタとして採用してもよい。

【数4】

【0035】

【発明の実施の形態】以下、この発明の種々の実施例による投射型表示装置について、図1～図33を用いて説明する。なお、同一部分については同一符号を付して重複する説明は省略する。

【0036】実施例1

まず、この発明に係る投射型表示装置の第1実施例の構成を、図1～図3を用いて説明する。なお、図1は、この発明に係る投射型表示装置の第1実施例の構成を示す斜視図である。図2は、図1中のI I-I I線に沿って、当該第1実施例の構成を示す矢視図である。図3は、図2中のI I I-I I I線に沿って、当該第1実施例の構成を示す矢視図である。

【0037】この投射型表示装置の第1実施例は、光源100からの光を赤（R）、緑（G）及び青（B）の各色光に分解する色分解手段としてのクロスダイクロックミラー11と、クロスダイクロックミラー11により分解された色光R、G、Bをそれぞれ反射するミラー12R、12G、12Bと、各色光R、G、Bに対応した位相差変調型液晶ライトバルブ等の空間光変調素子13R、13G、13Bと、該色光R、G、Bを入射光として、それぞれ偏光して空間光変調素子13R、13G、13Bにそれぞれ照射させるとともに、空間光変調素子13R、13G、13Bからの反射光をそれぞれ検光する主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bと、主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bに対して上記入射光（クロスダイクロックミラー11からの光）の入射側にそれぞれ配置され、空間光変調素子13R、13G、13Bに照射される光の偏光の純度をそれぞれ上げるプリ偏光ビームスプリッタ15R、15G、15Bと、ミラー16R、16Bと、主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bによりそれぞれ検光された光を合成する色合成手段としてのクロスダイクロックプリズム17と、検光され色合成された光をスクリーン200等に投射する投射光学系18（1本の投射レンズ）と、を備えている。

【0038】ここで、空間光変調素子13R、13G、13Bは、いわゆる電気書き込み型の空間光変調素子でもよく、また、光書き込み型の空間光変調素子等でもよい。空間光変調素子13R、13G、13Bが光書き込み型の場合には、書き込み光源となるCRT等が別途用意される。

【0039】各偏光ビームスプリッタ15R、15G、15B、14R、14G、14Bは、S偏光成分を反射させるとともにP偏光成分を透過させる特性を有する。もっとも、各偏光ビームスプリッタは、逆の特性を有し



ていてもよい。

【0040】この第1実施例では、光源100からの光が、クロスダイクロイックミラー11により赤(R)、緑(G)及び青(B)の各色光に分解される。そして、これら色光R、G、Bはそれぞれミラー12R、12G、12Bで反射されて対応するプリ偏光ビームスプリッタ15R、15G、15Bにそれぞれ導かれる。

【0041】プリ偏光ビームスプリッタ15Gに入射した色光Gのうち、P偏光成分はプリ偏光ビームスプリッタ15Gを透過して主偏光ビームスプリッタ14Gに入射する。一方、S偏光成分はプリ偏光ビームスプリッタ15Gにより反射されて主偏光ビームスプリッタ14Gには入射しない。プリ偏光ビームスプリッタ15Gを透過したP偏光成分は、プリ偏光ビームスプリッタ15Gに対し90°の角度で配置した主偏光ビームスプリッタ14Gに入射する。このように90°ずらしてあるので、プリ偏光ビームスプリッタ15Gを透過してきたP偏光成分は、S偏光成分として主偏光ビームスプリッタ14Gに入射することとなる。なお、プリ偏光ビームスプリッタ15Gに入射する入射光は、プリ偏光ビームスプリッタ15Gの側面から入射させてもよい(入射方向の変更)。この場合、主偏光ビームスプリッタ14Gと同じ方向に配置すれば、プリ偏光ビームスプリッタ15GによりS偏光成分が反射されて下方の主偏光ビームスプリッタ14GにはS偏光成分のみが入射する。主偏光ビームスプリッタ14Gは、S偏光成分を反射させ該S偏光成分を空間光変調素子13Gに照射する。空間光変調素子13Gで変調された反射光は、主偏光ビームスプリッタ14Gにより検光され、該反射光のうちP偏光成分が主偏光ビームスプリッタ14Gを透過してクロスダイクロイックプリズム17へ導かれる。

【0042】以上、プリ偏光ビームスプリッタ15Gに入射した色光Gについて説明したが、プリ偏光ビームスプリッタ15R、15Bに入射した色光R、Bについても同様である。ただし、主偏光ビームスプリッタ14R、14Bで検光された光は、ミラー16R、16Bでそれぞれ反射されてクロスダイクロイックプリズム17へ導かれる。そして、主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14Bで検光された光は、クロスダイクロイックプリズム17で色合成された後に、投射レンズ18を介してスクリーン200上に投射される。

【0043】この第1実施例では、主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14B及びプリ偏光ビームスプリッタ15R、15G、15Bは、当該偏光ビームスプリッタに入射した入射光の波長( $\lambda=0.4\sim0.7\mu\text{m}$ )に対するその光弾性定数の絶対値が $1.5\times10^{-8}\text{cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成されている。

【0044】(ガラスの組成) 上述したような透光性材料の一例として、光弾性定数の絶対値が非常に小さい値

を示す光学ガラスの組成を、酸化物換算の重量%で以下に示す。

【0045】

$\text{SiO}_2$	17.0~27.0%
$\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	0.5~5.0%
$\text{PbO}$	73.0~75.0%
$\text{As}_2\text{O}_3+\text{Sb}_2\text{O}_3$	0~3.0%

【0046】この例において各成分の組成範囲をこのように定めた理由は、次の通りである。

【0047】まず、 $\text{PbO}$ (酸化鉛)は、 $\text{PbO}$ を含有する組成系のガラスにおいては、光弾性定数Cの値が $\text{PbO}$ の含有量に大きく依存し、具体的には、 $\text{PbO}$ の含有量が増加するに従って光弾性定数Cの値が減少し、ある一定量において零になって以降は負の値をとることを利用し(図7参照)、光弾性定数Cの値を零付近に制御するために用いられたものである。 $\text{PbO}$ の含有量により光弾性定数Cの値が変化するのは、鉛イオンの配位状態がその含有量の増加とともに変化するためと考えられる。 $\text{PbO}$ の含有量を例えば73~75重量%の範囲内にすることにより、光弾性定数Cの値を零付近にすることができる。なお、入射光の波長は500~650nmである。

【0048】 $\text{SiO}_2$ は、本例の光学ガラスにおけるガラス形成酸化物であり17重量%以上含有されることが好ましい。ただし、該 $\text{SiO}_2$ の含有量は、 $\text{PbO}$ の含有量を73~75重量%としたことに伴って27重量%に制限される。

【0049】 $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ といったアルカリ金属成分は、ガラスの溶解温度及びガラス転移温度を下げ、ガラスの失透に対する安定性を高める効果があるため、0.5重量%以上含有されることが好ましい。ただし、その含有量は5重量%を越えると当該ガラスの化学的耐久性がかなり損なわれるので好ましくない。

【0050】脱泡剤として使用すべき $\text{As}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ あるいは( $\text{As}_2\text{O}_3+\text{Sb}_2\text{O}_3$ )は必要に応じて、ガラス原料中に導入することが可能である。ただし、その含有量が3重量%を越えると当該ガラスの耐失透性、分光透過性等が損なわれるので、好ましくない。

【0051】このような光学ガラスの製造工程は以下の通りである。すなわち、各成分の原料としてそれぞれの元素に対応する酸化物、炭酸塩、硝酸塩などを使用する。そして、それらを調合原料として所望の割合に秤量して混合し、該得られた調合原料を1,000~1,300°Cに加熱して熔解し、清澄、攪拌を行って全体的に均一化する。その後、この得られた原料を予め予熱された金型に鋳込み徐冷することにより容易に所望の光学ガラスを製造することができる。

【0052】(光弾性定数の測定及び評価) ここで、上述した光学ガラスの具体例及びその測定装置の構成及び結果について、図4~図7を用いて以下説明する。

【0053】この発明においては、測定すべき既知のサイズLのサンプルに対して上述の数式(1)及び(2)において $\sigma_1 = \sigma_3 = 0$ となるような既知の一軸性応力 $\sigma_2$ をかけた状態で、既知の波長 $\lambda$ の光を用い複屈折測定を行い、光路差 $\Delta R$ (数式(4))を測定する。このようにして求めた光路差 $\Delta R$ に基づき、上記数式(2)から光弾性定数 $C = C_1 - C_2$ を求めることが可能である(このような「光弾性定数C」測定法の詳細については、後述する複屈折測定装置ADR-150LC添付の説明書;ないし持田悦宏「光技術コンタクト」、Vol. 1, 27, No. 3, 第127頁、1989年を参照することができる)。なお、図5には、上記持田に示された複屈折測定装置の概略構成図を示す。また、実際の測定は、オーク製作所製の複屈折測定装置(商品名:ADR-150LC)を用いた。

【0054】この測定装置において、図中の「試料」は、図6に示したように、一軸性応力を該試料に印加するためのサンプル治具に挟まれた状態で保持されており、そして、該試料に所定の応力を印加したまま該試料の複屈折量が測定される。図6のサンプル治具は、試料36をその間に保持可能な一対の金属ブロック37a及び37b(大きさ40~50mm×30~40mm、厚さ:25~30mm)と、該金属ブロック37aに配置されたロードセル(直径20mm、厚さ9.5mm;日本電子三栄(株)製、商品名:9E01-L32-100K)38とから構成されている。このようにロードセル38を配置することにより、サンプルに印加される応力値をモニターすることが可能となる。

【0055】上記試料36のサイズは、10mm×15mm×20mmであり、応力面の大きさは10mm×20mm、光透過面の大きさは15mm×20mm、光透過パスの長さは10mmである。

【0056】試料は、上述の各工程にしたがって製造した。すなわち、各成分の原料としてそれぞれの元素に対応する酸化物、炭酸塩、硝酸塩などを用意し、これらを高度に精製する。その後、調合原料として所定の割合となるように秤量し混合して、この調合原料を1,000~1,300°Cに加熱して熔解し、清澄、攪拌を行って全体的に均一化する。そして、得られた原料を予め予熱された金型に鋳込み徐冷することにより試料としての光学ガラスを製造した。

【0057】なお、測定用に用意された試料は、図4に示すようにサンプル番号1~7と比較のため用意されたBK7である。表中の数値は酸化物換算の重量%による成分割合を示し、合計で100%になる。

【0058】このようにして得られたガラスについて、波長 $\lambda = 540\text{ nm}$ の光に対する光弾性定数を上記測定装置を用いて測定した。光弾性定数Cは、既知の波長 $\lambda$ の光、既知のサイズの試料を用い、上述の数式において $\sigma_1 = \sigma_3 = 0$ となる既知の一軸性応力 $\sigma_2$ を試料に加え

た状態で光路差 $\Delta R$ を測定することにより算出した。すなわち、上記光弾性定数Cは(試料の複屈折量)/(試料に加えられた応力)から得られる(換言すれば、該光弾性定数は単位応力当たりの複屈折量を意味する)。測定結果を図4に示す。また、酸化鉛(PbO)の含有量を横軸に、光弾性定数を縦軸にとったグラフを図7に示す。酸化鉛の含有量が増加するにつれて光弾性定数はほぼ直線的に減少し、ある点で零の値をとり、以降は負の値をとることが理解できる。図4には、比較例として、従来多用されていたBK7の成分割合、波長 $\lambda = 540\text{ nm}$ の光に対する光弾性定数の測定結果も示されている。サンプル番号1~7の光学ガラスの光弾性定数がBK7のそれに比較してはるかに小さく、特に、サンプル番号4~6の光学ガラスについては光弾性定数が実質的に零であるとみなせる範囲の値( $-0.1 \times 10^{-8}\text{ cm}^2/\text{N} \sim +0.1 \times 10^{-8}\text{ cm}^2/\text{N}$ )であることが分かる。

【0059】なお、図7のグラフは、H. Aben, C. Guillemet, "Photoelasticity of Glass" 出版社Springer-Verlag(1993), p. 103に示されたグラフである。そして、このグラフには、以下の文献Waxler(1)、Filon(2)、及びPockels(3)のそれぞれに示された数値をプロットしたものである。

【0060】(1) Waxler, R.M., "The stress optical coefficient of plate glass", Glass Ind. 34, 258-259, 283(1953)

(2) Filon, L.N.G., "On the dispersion in artificial double refraction", Phil. Trans. A 207, 263-306(1907)

(3) Pockels, F., "Über die Änderung des optischen Verhaltens verschiedener Gläser durch elastische Deformation", Ann. Phys. Ser. IV, 7, 745-771

【0061】(ビームスプリッタ)次に、以上の説明した光学ガラス部材が適用される偏光ビームスプリッタの構成について図8~図12を用いて説明する。上記偏光ビームスプリッタは、以下のような態様を有する。

【0062】(態様1)この発明における偏光ビームスプリッタは、透光性材料部材上に形成された誘電体多層膜を有する偏光ビームスプリッタであって、該誘電体多層膜は少なくとも第1の誘電体多層膜と第2の誘電体多層膜とからなり、該第1及び第2の誘電体多層膜は、異なる中心波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ においてその光学的膜厚がそれぞれ $\lambda_1/4$ 、 $\lambda_2/4$ の高屈折率物質と低屈折率物質とで構成された2層を基本周期としてn周期(nは任意の整数)積層した交互層と、該交互層の両側に形成された光学的膜厚 $\lambda_1/8$ 、 $\lambda_2/8$ の高屈折率物質または低屈折率物質のいずれか一方からなる薄膜調整層とを備え、第1の誘電体多層膜の交互層と第2の誘電体多層膜の交互層が、互いに異なる種類の物質の組み合わせにより構成されている。

【0063】（態様2）上記偏光ビームスプリッタは、第1の誘電体多層膜の交互層に高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{SiO}_2$ 、第2の誘電体多層膜の交互層に高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{Al}_2\text{O}_3$ とを用いた。

【0064】（態様3）さらに、上記偏光ビームスプリッタは、第1の誘電体多層膜の交互層に高屈折率物質 $\text{TiO}_2$ と低屈折率物質 $\text{SiO}_2$ 、第2の誘電体多層膜の交互層に高屈折率物質 $\text{ZrO}_2$ と低屈折率物質 $\text{MgF}_2$ とを用いた。

【0065】具体的な構成を図8～図12を用いて説明する。図8は透光性材料部材であるプリズム1（図11に示すように、調整層1Cと第1の誘電体多層膜3の交互層13とが積層されてなる）と、透光性材料部材であるプリズム2（図10に示すように、調整層2Cと第2の誘電体多層膜4の交互層23とが積層されてなる）とが、光学接着剤5で接合されている偏光ビームスプリッタの構成を示す。

【0066】この構成例においては、プリズム1及びプリズム2は、屈折率 $n_s$ が1.84である。また、光学接着剤の屈折率 $n_b$ が1.52である。図8には、光束Xを $45^\circ$ で入射させた際の反射光Rと透過光Tとが示されている。透過光Tには、S偏光成分 $T_s$ とP偏光成分 $T_p$ とがある。

【0067】図11を参照して、第1の誘電体多層膜の交互層13は、中心波長 $\lambda_1=680\text{nm}$ で、高屈折率物質 $nH_1=2.38$ の $\text{TiO}_2$ 層11と、低屈折率物質 $nL_1=1.65$ の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層12とが、それぞれ、該中心波長 $\lambda_1$ においてその光学的膜厚が $\lambda_1/4$ で交互に配置されている。一方、図10を参照して、第2の誘電体多層膜の交互層23は、中心波長 $\lambda_2=420\text{nm}$ で高屈折率物質 $nH_2=2.38$ の $\text{TiO}_2$ 層21と、低屈

$$\lambda_1, \theta_1; nH_1 \cos \theta H_1 = nL_1 \cos \theta L_1 \quad \dots (5)$$

【数6】

$$\lambda_2, \theta_2; nH_2 \cos \theta H_2 = nL_2 \cos \theta L_2 \quad \dots (6)$$

【0072】ここで、

$\theta_1$  ; 透光性基体1から第1の誘電体多層膜と透光性基体1との境界面に入射する角度

$\theta_2$  ; 透光性基体2から第2の誘電体多層膜と透光性基体2との境界面に入射する角度

$nH_1, nL_1$  ; 設計基準波長 $\lambda_1$ での第1の誘電体多層膜の交互層における高屈折率層及び低屈折率層の屈折率

$nH_2, nL_2$  ; 設計基準波長 $\lambda_2$ での第2の誘電体多層膜の交互層における高屈折率層及び低屈折率層の屈折率

$\theta H_1, \theta L_1$  ; 設計基準波長 $\lambda_1$ での第1の誘電体多層膜の交互層において、高屈折率層及び低屈折率層の各層から境界面に入射する角度

$\theta H_2, \theta L_2$  ; 設計基準波長 $\lambda_2$ での第2の誘電体多

層膜の交互層において、高屈折率層及び低屈折率層の各層から境界面に入射する角度

【0068】更に、上記した第1および第2の誘電体多層膜の各交互層13ないし23と、プリズム1およびプリズム2との間には、光学的膜厚がそれぞれ $\lambda_1/8$ 、 $\lambda_2/8$ の調整層1Cないし2Cが設けられている。

【0069】上記構成を有する偏光ビームスプリッタにおいて、光束が設計基準入射角 $45^\circ$ から入射角が $\pm 2.5^\circ$ ずれた場合を考える。

【0070】この場合、高角度側に対応する（使用波長域では短波長側に相当する）第1の誘電体多層膜の交互層13に用いられている高屈折率物質11および低屈折率物質12は、光束が透光性基体1から透光性基体1と第1の誘電体多層膜13との境界面に入射する角度 $\theta_1=47.5^\circ$ で、以下のブリュースター条件（数式5）を満足するように選択する。本構成例では、第1の誘電体多層膜の交互層13を構成する材料ないし物質の組み合わせとして、高屈折率層11に $\text{TiO}_2$ 、低屈折率層12に $\text{Al}_2\text{O}_3$ を選択した。一方、低角度側に対応する（使用波長域では長波長側に相当する）第2の誘電体多層膜の交互層23に用いられている高屈折率物質21および低屈折率物質22は、光束が透光性基体2から透光性基体2と第2の誘電体多層膜23との境界面に入射する角度 $\theta_2=42.5^\circ$ で、以下のブリュースター条件（数式6）を満足するように選択している。本構成例では、第2の誘電体多層膜の交互層23のを構成する材料の組み合わせとして、高屈折率層21に $\text{TiO}_2$ 、低屈折率層22に $\text{SiO}_2$ を選択した。

$$【0071】 \lambda_1 > \lambda_2$$

【数5】

層膜の交互層において、高屈折率層及び低屈折率層の各層から境界面に入射する角度

【0073】さらに、上記偏光ビームスプリッタの応用例を、図9及び図12に示す。この応用例は、図9に示すように、透光性部材2上に、第1の誘電体多層膜3と第2の誘電体多層膜4とが連続して積層され、更に、透光性基体1が接着層5を介して配置されている。なお、図12にはこの誘電体多層膜の詳細構成が示されている。この図9の構成によれば、低屈折率層および高屈折率層の成膜が、1パッチですむという利点がある。換言すれば、この応用例のような偏光ビームスプリッタ構成配置を用いた場合、該偏光ビームスプリッタを構成する誘電体多層膜層の成膜を1パッチで行うことができ、生産性の向上が可能となる。

【0074】（偏光ビームスプリッタの光学的評価）次

に、以上の構成の偏光ビームスプリッタ（図8の構成）を図13に示された評価装置を用いて評価した結果について説明する。なお、この評価で用いた偏光ビームスプリッタの偏光膜は、グリーン波長である $\lambda = 540\text{nm}$ を中心波長として設計した。

【0075】すなわち、偏光ビームスプリッタ61（試料）に光源であるキセノンランプ（図中、「XENON LAMP」と表記する）62（500W）からの光を照射し、該キセノンランプ62の像をミラー63（図中、「MIRROR M1」と表記する）を介してスクリーン64（図中、「SCREEN」と表記する）上に投射し、該スクリーン64上の照度ムラを、写真機を用いて撮影した写真を用いて評価した。なお、図13の評価装置には、光源62と偏光ビームスプリッタ61との光路中に、グリーン波長透過フィルタ（図中、「GREEN FILTER」と表記する）、紫外線カットフィルタ（図中、「UV CUT FILTER」と表記する）、及び赤外線カットフィルタ（図中、「IR CUT FILTER」と表記する）からなるフィルタ群66とP偏光成分カット用偏光子65（図中、「P CUTO POLARIZER」と表記する）が配置されている。なお、以下に波長 $480\text{nm} \sim 650\text{nm}$ 、入射角 $0^\circ$ 、 $+6^\circ$ 、 $-6^\circ$ における、PBS61の透過光T及び反射光Rの平均データを示す。

【0076】

透過光T： $T_p$ （透過光のP偏光成分） $\geq 80\%$

$T_s$ （透過光のS偏光成分） $\leq 0.02\%$

消光比 $> 4000$

反射光R： $R_p$ （反射光のP偏光成分） $\leq 4\%$

$R_s$ （反射光のS偏光成分） $\geq 80\%$

消光比 $> 20$

【0077】上記偏光ビームスプリッタ（PBS）の光学ガラス基体としては、図14に示す3種類を用意した。なお、オハラ製の第1のガラス（商品番号：PBM35）の光弾性定数は $2.0 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 、オハラ製の第2のガラス（商品番号：PBH11）の光弾性定数は $1.33 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 、上述の製造方法により製造されたガラスの光弾性定数は $0.1 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下である。

【0078】以上のガラス基体からなる偏光ビームスプリッタについて図13の評価装置でスクリーン64上の照度ムラを撮影した結果、図17に示すように、光弾性定数Cが実質的に零である本発明の光学ガラスを用いた偏光ビームスプリッタ（PBS）61を用いた場合、照度ムラの発生は非常に少なかった。また、上記したPBH11を用いたPBSの場合も、実際の使用に耐え得ることが分かった（図16参照）。これに対し、上記したPBM35を用いたPBSの場合には、図15の写真からも明確に分かるように顕著な照度ムラが観察された。

【0079】以上説明したように、光弾性定数が零付近

となる光学ガラスであれば、主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14B及びブリ偏光ビームスプリッタ15R、15G、15Bの材料として理想的なものである。また、光弾性定数が $2.0 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ のPBM35を用いたPBSでは顕著に照度ムラが現れたが、光弾性定数が $1.33 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ のPBH11を用いたPBSでは実用上問題のないという、以上の評価結果から、投射型表示装置に採用する偏光ビームスプリッタとして、絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性部材（光学ガラス基体）を用いれば、従来の透光性材料部材（例えば、その光弾性定数が $2.78 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ のBK7）に比べて十分に光学的に安定な性能を確保でき、かつ投射画像の画質劣化が十分に抑制される当該投射型表示装置が得られることが分る。

【0080】したがって、例えば、上述したような光学ガラスの組成において、酸化鉛の含有量の範囲が64～81重量％程度であれば（図7参照）、その光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下となり、主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14B及びブリ偏光ビームスプリッタ15R、15G、15Bの基体材料として用いることができる。もっとも、当該投射型表示装置に適用される偏光ビームスプリッタとしては、その光弾性定数の絶対値が $0.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料を用いることが好ましく、特に、上述の評価結果（図15～図17参照）を考慮すると、光弾性定数の絶対値が $0.1 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下（実質的に0の範囲）の透光性材料を用いることが、一層好ましい。

【0081】なお、光弾性定数は光の波長に依存するので、入射光の波長、すなわち、本実施例では対応するR、G、Bのいずれかの波長に従い、必要に応じて透光性材料の組成等が変更され、当該偏光ビームスプリッタの入射光の波長（ $\lambda = 0.4\mu\text{m} \sim 0.7\mu\text{m}$ ）に対するその光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料が用いられる。

【0082】なお、上記BK7の屈折率は1.5前後であるのに対し、上述したような組成の光学ガラスの屈折率は1.8以上となる。したがって、上述の光学ガラスを用いれば光軸に対して $45^\circ$ の角度で設置することができる偏光ビームスプリッタを構成することができる。このような偏光ビームスプリッタを、少なくとも主偏光ビームスプリッタ14R、14G、14B及びブリ偏光ビームスプリッタ15R、15G、15Bとして採用することにより、当該装置全体の小型化を図ることができる。なお、BK7を用いて偏光ビームスプリッタを構成した場合には、屈折率の関係でその偏光ビームスプリッタの設置角度を $45^\circ$ にできないため、該BK7により構成された偏光ビームスプリッタが採用された装置は全体として大きく重いものになってしまう。

【0083】以上説明した投射型表示装置の第1実施例

によれば、当該主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B に入射する入射光の波長 ( $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ) に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる光学ガラス基体で構成された主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B が用いられており、上述した従来の液体浸漬型偏光ビームスプリッタを用いていない。これにより、この発明によれば、先に述べたような液体中の対流、ゴミ、あるいは気泡などの、該従来の液体浸漬型偏光ビームスプリッタを投射型表示装置に採用することに伴う種々の課題を除去することができ、製造が容易になる等の利点が得られる。

【0084】そして、この実施例によれば、当該主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B に入射する入射光の所定波長に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成された主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B が採用されているので、温度変化に伴う応力の増加に対して光学的に安定な性能を確保でき、投射画像の画質劣化が十分に少なくなる。

【0085】そして、この実施例では、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B が設けられている。したがって、空間光変調素子 13 R、13 G、13 B を照射する読み出し光の偏光（本実施例では S 偏光成分）の純度が高まり、消光比が向上するので、得られる投射画像のコントラストが向上する。

【0086】さらに、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B も、当該ビームスプリッタに入射する入射光の所定波長に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されている。これにより、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B に関しても、温度変化に伴う応力の増加に対して従来に比べて十分に光学的に安定な性能を確保でき、投射画像の画質劣化が一層抑制される。もっとも、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B は、偏光子としての主偏光ビームスプリッタの機能を補助するのみであるので、偏光子及び検光子の両方として使用される該主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B に比べて投射画像の画質劣化に対する影響は小さい。このことから、BK7 等をその基体材料として用いて構成された偏光ビームスプリッタをプリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B として採用してもよい。また、この発明では、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B は、削除してもよい。

【0087】なお、この実施例では、投射レンズ 18 のバックフォーカス（レンズ後端から像面までの距離）が比較的長くなるため、投射レンズ 18 は若干高価なものとなるが、各色光 R、G、B の画像が予め色合成されるので、使い勝手が向上する。

## 【0088】実施例 2

次に、この発明に係る投射型表示装置の第 2 実施例を、図 18 及び図 19 を用いて説明する。なお、図 18 は、この第 2 の実施例の構成を示す図であり、上記図 2 に対応する矢視図である。図 19 は、図 18 の V-V 線に沿って、該第 2 実施例の構成を示す図であり、図 3 に対応する矢視図である。

【0089】この投射型表示装置の第 2 実施例は、上述した第 1 の実施例による投射型表示装置と基本的には同様の構成を備える。したがって、図 18 及び図 19 において、図 1～図 3 に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0090】この第 2 実施例が第 1 実施例と異なる所は、該第 2 実施例では、第 1 の実施例中のプリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B が取り除かれ、代わりに、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B により検光された後に投射レンズ 18 により投射される色光 R、G、B の偏光の純度を上げるポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B が追加されている点である。ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B は、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B に対して投射レンズ 18 の側にそれぞれ配置されている。

【0091】そして、この実施例では、ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B も、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B と同様に、当該偏光ビームスプリッタに入射する入射光の波長 ( $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ) に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成されている。

【0092】この実施例では、ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B が設けられているので、これによって主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B から漏れてきた S 偏光成分がカットされ、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B により検光された後に投射レンズ 18 により投射される色光 R、G、B の偏光（P 偏光成分）の純度が高まり、得られる投射画像のコントラストが向上する。

【0093】さらに、ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B が、当該ビームスプリッタに入射する入射光の所定波長に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されている。したがって、ので、ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B に関しても、温度変化に伴う応力の増加に対して従来に比べて十分に光学的に安定な性能を確保でき、投射画像の画質劣化が一層抑制される。もっとも、ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B は、検光子としての主偏光ビームスプリッタの機能を補助するのみであるので、偏光子及び検光子の両方として使用される該主偏光ビ

ムスプリッタ 14 R、14 G、14 B に比べて投射画像の画像劣化に対する影響が小さい。このことから、上記 B K 7 等をその基体材料として用いて構成された偏光ビームスプリッタをポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B として採用してもよい。

#### 【0094】実施例 3

次に、この発明に係る投射型表示装置の第 3 実施例を、図 20 及び図 21 を用いて説明する。なお、図 20 は、この第 3 実施例の構成を示す図であり、図 2 及び図 18 に対応する図である。図 21 は、図 20 中の V I I - V I I 線に沿って、該第 3 実施例の構成を示す矢視図であり、図 4 及び図 19 に対応する図である。

【0095】この投射型表示装置の第 3 実施例は、上述の第 1 及び第 2 実施例と基本的には同様の構成を備える。したがって、図 20 及び図 21 において、上述の図 1 ~ 図 3 及び図 18 及び図 19 に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0096】第 3 実施例が第 1 実施例と異なる所は、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B を取り除くことなく、上述の第 2 の実施例と同様に、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B により検光された後に投射レンズ 18 により投射される色光 R、G、B の偏光の純度を上げるポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B が追加されている点である。ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B は、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B に対して投射レンズ 18 の側にそれぞれ配置されている。

【0097】そして、この本実施例では、ポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B も、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B と同様に、当該偏光ビームスプリッタに入射する入射光の波長 ( $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ) に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成されている。

【0098】この実施例では、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B 及びポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B によって、主偏光ビームスプリッタ 14 R、14 G、14 B の偏光子としての機能及び検光子としての機能の両方が補助されるので、得られる投射画像のコントラストが一層向上する。

【0099】さらに、プリ偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B 及びポスト偏光ビームスプリッタ 19 R、19 G、19 B は、当該ビームスプリッタに入射する入射光の所定波長に対するその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる基体を用いて構成されている。したがって、これらの偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B、19 R、19 G、19 B に関しても、温度変化に伴う応力の増加に対して従来に比べて十分に光学的に安定な性能を確保

でき、投射画像の画質劣化が一層抑制される。もっとも、これらの偏光ビームスプリッタ 15 R、15 G、15 B、19 R、19 G、19 B として、B 上記 K 7 等をその基体材料として用いて構成された偏光ビームスプリッタを採用してもよい。

#### 【0100】実施例 4

次に、この発明に係る投射型表示装置の第 4 実施例を、図 22 及び図 23 を用いて説明する。なお、図 22 は、この第 4 実施例の構成を示す図であり、図 2 に対応する図である。図 23 は、図 22 中の I X - I X 線に沿って、該第 4 実施例の構成を示す矢視図であり、図 3 に対応する図である。

【0101】この投射型表示装置の第 4 実施例は、上述した第 1 の実施例と基本的には同様の構成を備えている。したがって、図 22 及び図 23 において、図 1 ~ 図 3 に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0102】第 4 実施例が第 1 実施例と異なる所は、ミラー 16 R、16 B が取り除かれ、空間光変調素子 13 R、主偏光ビームスプリッタ 14 R 及びプリ偏光ビームスプリッタ 15 R の組、並びに、空間光変調素子 13 B、主偏光ビームスプリッタ 14 B 及びプリ偏光ビームスプリッタ 15 B の組が、向きを変えて、クロスダイクロックミラー 11 及びクロスダイクロックプリズム 17 の側方に配置されている点である。この第 4 の実施例は第 1 の実施例と実質的に同一である。

#### 【0103】実施例 5

次に、この発明に係る投射型表示装置の第 5 実施例を、図 24 及び図 25 を用いて説明する。なお、図 24 は、この第 5 実施例の構成を示す図であり、図 18 に対応する図である。図 25 は、図 24 中の X I - X I 線に沿って、該第 5 実施例の構成を示す矢視図であり、図 19 に対応する図である。

【0104】この投射型表示装置の第 5 実施例は、上述した第 2 の実施例と基本的には同様の構成を備える。したがって、図 24 及び図 25 において、図 18 及び図 19 に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0105】第 5 実施例が第 2 実施例と異なる所は、ミラー 16 R、16 B が取り除かれ、空間光変調素子 13 R、主偏光ビームスプリッタ 14 R 及びポスト偏光ビームスプリッタ 19 R の組、並びに、空間光変調素子 13 B、主偏光ビームスプリッタ 14 B 及びポスト偏光ビームスプリッタ 19 B の組が、向きを変えて、クロスダイクロックミラー 11 及びクロスダイクロックプリズム 17 の側方に配置されている点である。この第 5 の実施例は第 2 の実施例と実質的に同一である。

#### 【0106】実施例 6

次に、この発明に係る投射型表示装置の第 6 実施例を、図 26 及び図 27 を用いて説明する。なお、図 26 は、

この第6の実施例の構成を示す図であり、図20に対応する図である。図27は、図26中のX111-I-X111-I線に沿って、該第6実施例の構成を示した矢視図であり、図21に対応する図である。

【0107】この投射型表示装置の第6実施例は、上述した第3の実施例と基本的には同様の構成を備えている。したがって、図26及び図28において、図21及び図22に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0108】第6実施例が第3実施例と異なる所は、ミラー16R、16Bが取り除かれ、空間光変調素子13R、主偏光ビームスプリッタ14R、プリ偏光ビームスプリッタ15R及びポスト偏光ビームスプリッタ19Rの組、並びに、空間光変調素子13B、主偏光ビームスプリッタ14B、プリ偏光ビームスプリッタ15B及びポスト偏光ビームスプリッタ19Bの組が、向きを変えて、クロスダイクロックミラー11及びクロスダイクロックプリズム17の側方に配置されている点である。この第5の実施例は第2の実施例と実質的に同一である。

#### 【0109】実施例7

次に、この発明に係る投射型表示装置の第7実施例を、図28及び図29を用いて説明する。なお、図28は、この第7実施例の構成を示す図であり、図29は、図28中のXV-XV線に沿って、該第7実施例の構成を示す矢視図である。

【0110】上述した第1～第6実施例は、各色光R、G、Bを予め色合成手段で合成して1本の投射レンズでスクリーン等の所定の面上に画像を投射する1投射レンズタイプの投射型表示装置の例であった。一方、この第7実施例は、各色光R、G、Bを予め色合成することなく3本の投射レンズでそれぞれスクリーン上に投射してスクリーン上で色合成を行う3投射レンズタイプの投射型表示装置の例である。

【0111】この投射型表示装置の第7実施例は、光源101からの光を赤(R)、緑(G)及び青(B)の各色光に分解する色分解手段としてのクロスダイクロックミラー21と、各色光R、G、Bに対応した位相差変調型液晶ライトバルブ等の空間光変調素子23R、23G、23B（空間光変調素子23R、23Bは図中には表れていないが、空間光変調素子23Gと同様に、図28において主偏光ビームスプリッタ24R、24Bに対する図28の紙面の奥側にある。）と、色光R、G、Bによる入射光をそれぞれ偏光して空間光変調素子23R、23G、23Bにそれぞれ照射させるとともに、空間光変調素子23R、23G、23Bからの反射光をそれぞれ検光する主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bと、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bに対して該入射光が入射される側にそれぞれ配置され、空間光変調素子23R、23G、23Bに

照射される光の偏光の純度をそれぞれ上げるプリ偏光ビームスプリッタ25R、25G、25Bと、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bによりそれぞれ検光された光をそれぞれスクリーン等に投射する3本の投射レンズ28R、28G、28Bと、を備えている。

【0112】そして、この実施例においても、第1の実施例と同様に、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24B及びプリ偏光ビームスプリッタ25R、25G、25Bは、当該偏光ビームスプリッタに入射する入射光の波長(0.4 $\mu$ m～0.7 $\mu$ m)に対してその光弾性定数の絶対値が $1.5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ 以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成されている。この実施例によっても、第1の実施例と同様の利点が得られる。

【0113】なお、この実施例では、3投射レンズタイプとして構成されているので、各投射レンズ28R、28G、28Bごとの調整が必要となるが、投射レンズ28R、28G、28Bのバックフォーカス(レンズ後端から像面までの距離)が短くできるため、これらの投射レンズ28R、28G、28Bとして、設計が容易でコンパクトかつ安価な投射レンズを使うことができる。したがって、本実施例によれば、装置全体も上述した第1～第6実施例に比べてさらにコンパクトで低価格となる。

#### 【0114】実施例8

次に、この発明に係る投射型表示装置の第8実施例を、図30及び図31を用いて説明する。なお、図30は、この第8実施例の構成を示す図であり、図28に対応する図である。図31は、図30中のXVII-XVII線に沿って、該第8実施例の構成を示した矢視図であり、図29に対応する図である。

【0115】この投射型表示装置の第8実施例は、上述した第7実施例と基本的には同様の構成を備える。したがって、図30及び図31において、上述の図28及び図29に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0116】第8実施例が第7実施例と異なる所は、該第8実施例では、第7実施例中のプリ偏光ビームスプリッタ25R、25G、25Bが取り除かれ、代わりに、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bにより検光された後に投射レンズ28R、28G、28Bにより投射される色光R、G、Bの偏光の純度を上げるポスト偏光ビームスプリッタ29R、29G、29Bが追加されている点である。ポスト偏光ビームスプリッタ29R、29G、29Bは、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bに対して投射レンズ28R、28G、28Bの側にそれぞれ配置されている。

【0117】そして、この実施例では、ポスト偏光ビームスプリッタ29R、29G、29Bも、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bと同様に、当該偏光

ビームスプリッタに入射する入射光の波長 ( $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ) に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成されている。この実施例によっても、第2実施例と同様の利点が得られる。

#### 【0118】実施例9

次に、この発明に係る投射型表示装置の第9実施例を、図32及び図33を用いて説明する。なお、図32は、この第9実施例の構成を示す図であり、図28及び図30に対応する図である。図33は、図32中のX1X-X1X線に沿って、該第9実施例の構成を示す矢視図であり、図29及び図31に対応する図である。

【0119】この投射型表示装置の第9実施例は、上述した第7及び第8実施例と基本的には同様の構成を備えている。したがって、図32及び図33において、上述の図28～図31に示した構成要素と同一又は対応する構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0120】第9実施例が第7実施例と異なる所は、プリ偏光ビームスプリッタ25R、25G、25Bを取り除くことなく、上記第8の実施例と同様に、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bにより検光された後に投射レンズ28R、28G、28Bにより投射される色光R、G、Bの偏光の純度を上げるポスト偏光ビームスプリッタ29R、29G、29Bが追加されている点である。ポスト偏光ビームスプリッタ29R、29G、29Bは、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bに対して投射レンズ28R、28G、28Bの側にそれぞれ配置されている。

【0121】そして、この実施例では、ポスト偏光ビームスプリッタ29R、29G、29Bも、主偏光ビームスプリッタ24R、24G、24Bと同様に、当該偏光ビームスプリッタに入射する入射光の波長 ( $0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$ ) に対してその光弾性定数の絶対値が  $1.5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下の透光性材料からなる光学ガラス基体を用いて構成されている。この実施例によっても、第3実施例と同様の利点が得られる。

#### 【0122】

【発明の効果】以上述べたように、この発明は発明者らが当該投射型表示装置の投射画像の画質を、採用される偏光ビームスプリッタを構成する透光性材料部材の光弾性定数を変えることにより、効果的に制御できることを発見したことにより実現されたものである。したがって、この発明によれば液体を使用しない偏光ビームスプリッタを採用しているので、従来の液体浸漬型偏光ビームスプリッタを使用したことに伴う問題点を除去することができる。また、当該装置自体の製造も容易になる等の利点が得られる。さらに、種々の熱応力、外部応力の影響に対して光学的に安定な性能を確保でき、投射画像の画質劣化を効果的に抑制する構造を備えた投射型表示装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る投射型表示装置の第1実施例による構成を示す斜視図である。

【図2】図1中の11-11線に沿って、上記投射型表示装置の第1実施例の構成を示す図である。

【図3】図3中の111-111線に沿って、上記投射型表示装置の第1実施例の構成を示す図である。

【図4】偏光ビームスプリッタの光学ガラス部材として用意された各サンプルの組成及びその光弾性定数の一覧表を示す図である。

【図5】光弾性定数を測定するための、複屈折測定装置の構成を示す図である。なお、該光弾性定数は、試料に加えられた単位応力当たりの複屈折率量で定義される ( $(\text{光弾性定数}) = (\text{試料における複屈折量}) / (\text{試料に加えられた応力})$ )。

【図6】試料に応力印加するための治具の一構成を示す図である。

【図7】偏光ビームスプリッタの基材である透光性材料中のPbOの含有量(重量%)と該透光性材料の光弾性定数との関係のグラフを示す図である。

【図8】この発明に係る投射型表示装置に適用可能な偏光ビームスプリッタの第1実施例の構成を示す図である。

【図9】この発明に係る投射型表示装置に適用可能な偏光ビームスプリッタの第2実施例の構成を示す図である。

【図10】図8に示された第1及び第2誘電体多層膜の構造を示す図である(その1)。

【図11】図8に示された第1及び第2誘電体多層膜の構造を示す図である(その2)。

【図12】図9に示された第1及び第2誘電体多層膜の構造を示す図である。

【図13】偏光ビームスプリッタの評価を行うための装置の構成を示す図である。

【図14】図13に示された装置により評価されるサンプルの一覧表を示す図である。

【図15】図14に列挙された透光性材料で構成された各偏光ビームスプリッタを、図13に示された評価装置により評価した場合に得られた照明ムラを示すもので、ディスプレイ上に表示した中間調画像を表す図面代用写真である(オハラ製PBM35について)。

【図16】図14に列挙された透光性材料で構成された各偏光ビームスプリッタを、図13に示された評価装置により評価した場合に得られた照明ムラを示すもので、ディスプレイ上に表示した中間調画像を表す図面代用写真である(オハラ製PBH11について)。

【図17】図14に列挙された透光性材料で構成された各偏光ビームスプリッタを、図13に示された評価装置により評価した場合に得られた照明ムラを示すもので、ディスプレイ上に表示した中間調画像を表す図面代用写



真である（光弾性定数が  $0.1 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{N}$  以下のガラスについて）。

【図 18】この発明に係る投射型表示装置の第 2 実施例の構成を示す図である。

【図 19】図 18 中の V-V 線に沿って、上記投射型表示装置の第 2 実施例の構成を示す図である。

【図 20】この発明に係る投射型表示装置の第 3 実施例の構成を示す図である。

【図 21】図 20 中の V I I - V I I 線に沿って、上記投射型表示装置の第 3 実施例の構成を示す図である。

【図 22】この発明に係る投射型表示装置の第 4 実施例の構成を示す図である。

【図 23】図 22 中の I X - I X 線に沿って、上記投射型表示装置の第 4 実施例の構成を示す図である。

【図 24】この発明に係る投射型表示装置の第 5 実施例の構成を示す図である。

【図 25】図 24 中の X I - X I 線に沿って、上記投射型表示装置の第 5 実施例の構成を示す図である。

【図 26】この発明に係る投射型表示装置の第 6 実施例の構成を示す図である。

【図 27】図 26 中の X I I I - X I I I 線に沿って、上記投射型表示装置の第 6 実施例の構成を示した図である。

【図 28】この発明に係る投射型表示装置の第 7 実施例の構成を示す図である。

【図 29】図 28 中の X V - X V 線に沿って、上記投射型表示装置の第 7 実施例の構成を示した図である。

【図 30】この発明に係る投射型表示装置の第 8 実施例

の構成を示す図である。

【図 31】図 30 中の X V I I - X V I I 線に沿って、上記投射型表示装置の第 8 実施例の構成を示す図である。

【図 32】この発明に係る投射型表示装置の第 9 実施例の構成を示す図である。

【図 33】図 32 中の X I X - X I X 線に沿って、上記投射型表示装置の第 9 実施例の構成を示す図である。

【図 34】液浸漬型偏光ビームスプリッタを採用した従来の投射型表示装置の構成を示す概略図である。

【符号の説明】

11、21 クロスダイクロイックミラー

12R、12G、12B ミラー

13R、13G、13B、23R、23G、23B 空間光変調素子

14R、14G、14B、24R、24G、24B 主偏光ビームスプリッタ

15R、15G、15B プリ偏光ビームスプリッタ

16R、16B ミラー

17 クロスダイクロイックプリズム

18、28R、28G、28B 投射レンズ（投射光学系）

19R、19G、19B ポスト偏光ビームスプリッタ

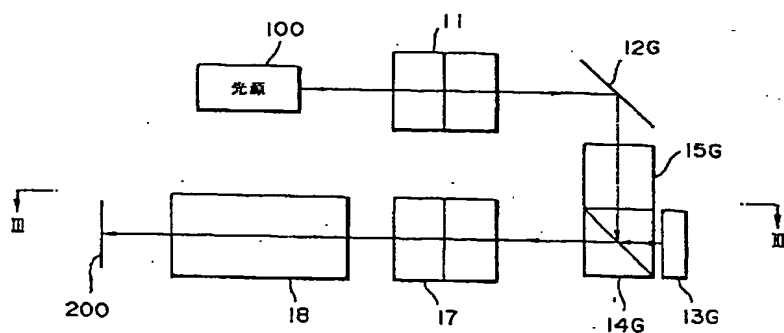
25R、25G、25B プリ偏光ビームスプリッタ

29R、29G、29B ポスト偏光ビームスプリッタ

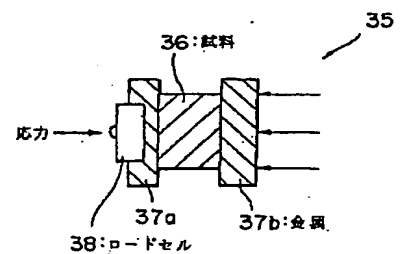
62、100、101 光源

64、200 スクリーン

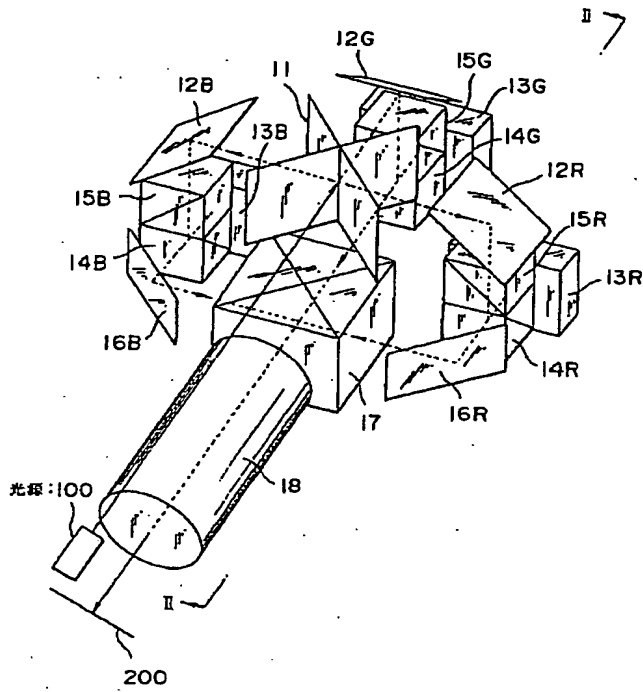
【図 2】



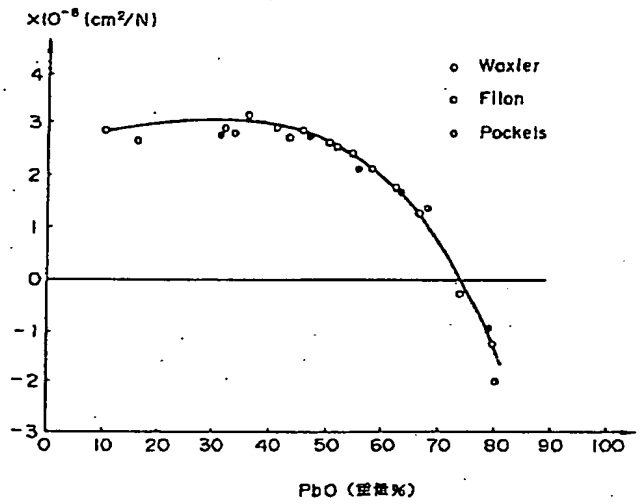
【図 6】



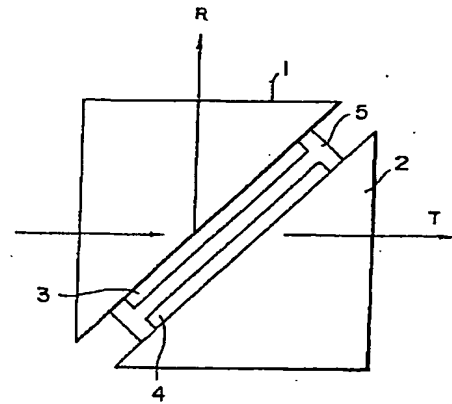
【図1】



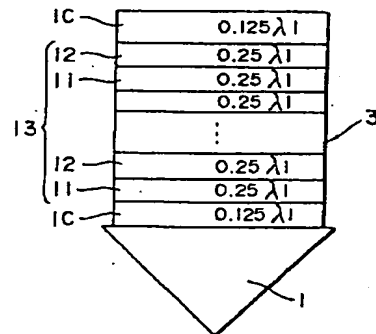
【図7】



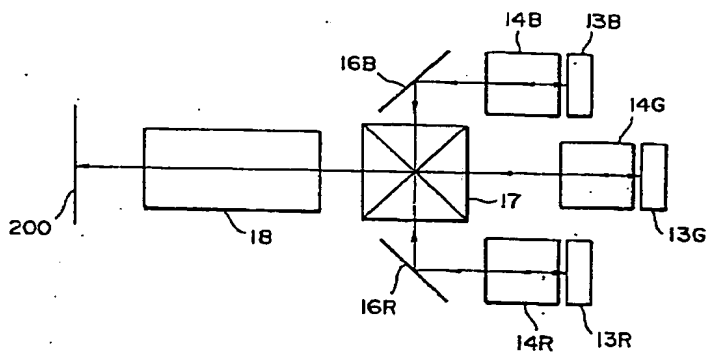
【図8】



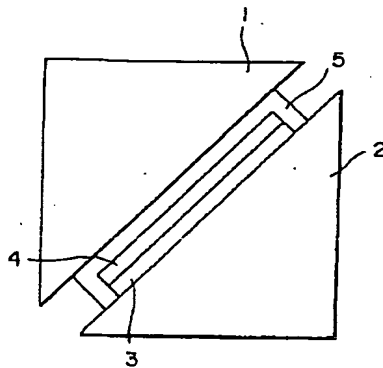
【図11】



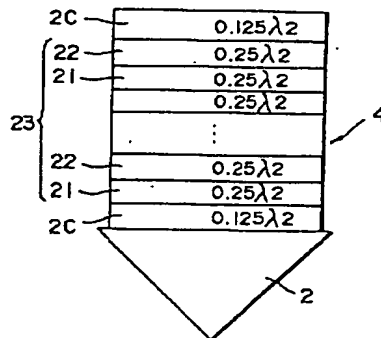
【図3】



【図9】



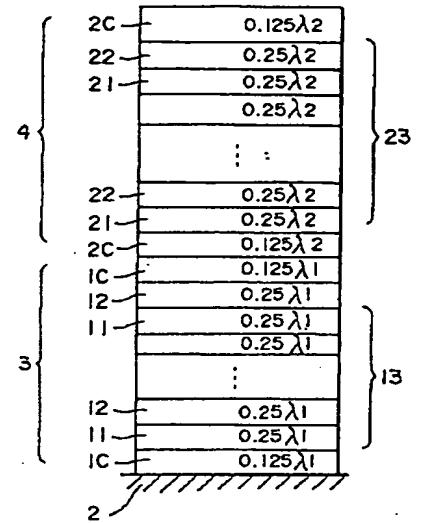
【図10】



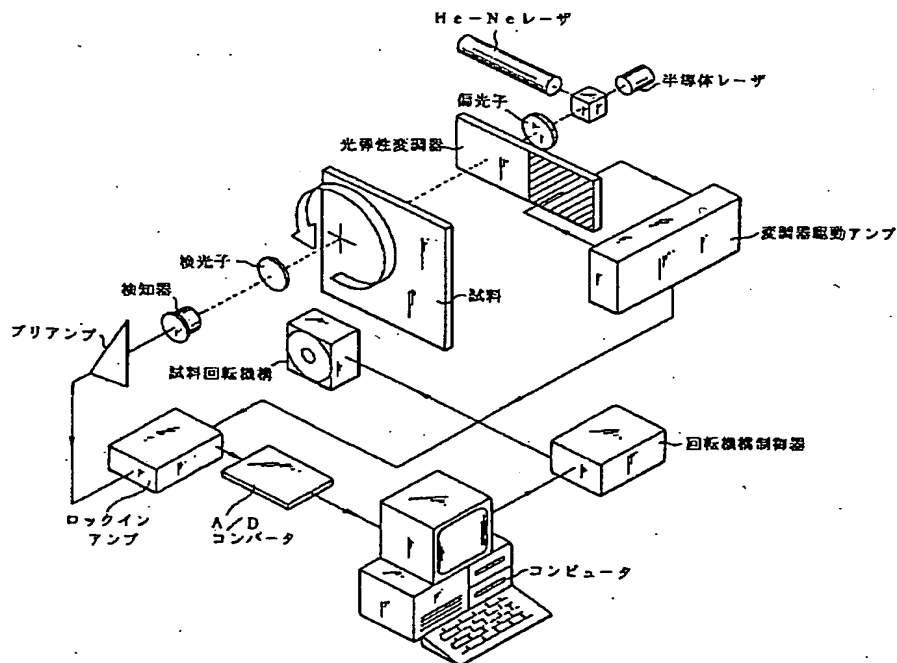
【図4】

サンプル番号 ガラス組成物 (重量%)	1	2	3	4	5	6	7	BK7
SiO <sub>2</sub>	25.9	25.4	24.9	24.4	23.9	23.4	22.9	68.9
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	10.1
Na <sub>2</sub> O	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	8.8
K <sub>2</sub> O	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	8.4
BaO	-	-	-	-	-	-	-	2.8
PbO	72.0	72.5	73.0	73.5	74.0	74.5	75.0	-
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	1.0
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
光弾性定数 (10 <sup>-8</sup> cm <sup>2</sup> /N)	0.41	0.30	0.22	0.10	0.01	-0.07	-0.12	2.78

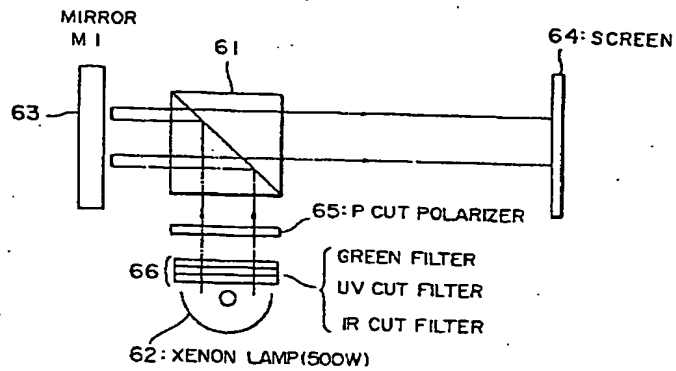
【図12】



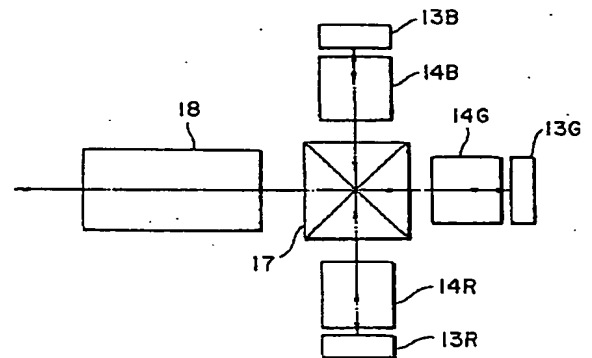
【図5】



【図 13】



【図 23】

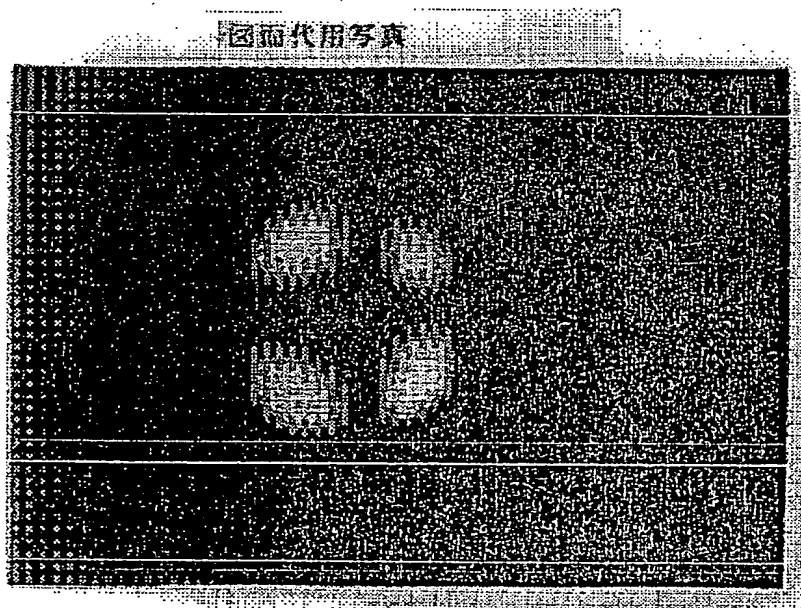


【図 14】

ガラス基体	光弾性定数 C ( $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{N}$ )	歪 ( $\text{nm}/\text{cm}$ )	PBSの評価結果 (写真)	PBSを超込んだ 表示装置の評価結果
オハラ製 PBM35	2.0	13	× (図 15)	×
オハラ製 PBH11	1.33	7	△ (図 16)	○
本実施例に用いたPBS	<0.1	1	○ (図 17)	◎

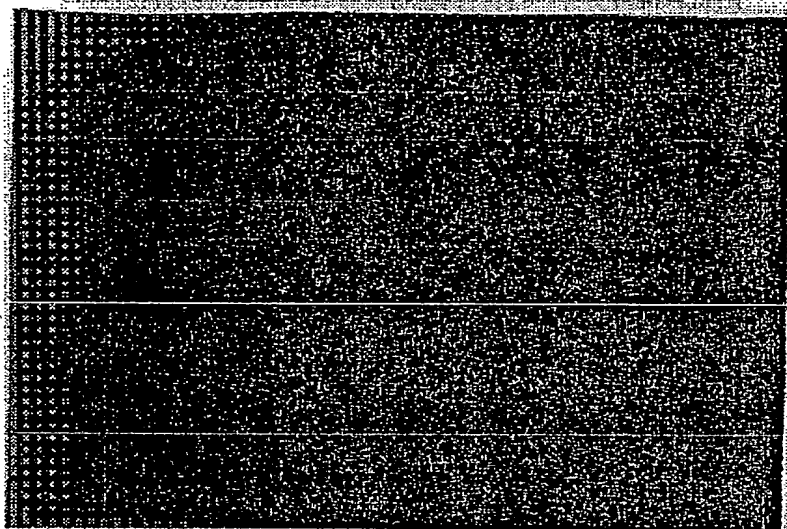
歪: ガラス基体の単位透過厚 (cm) に対する光路差  $\Delta R$  (nm)

【図 15】

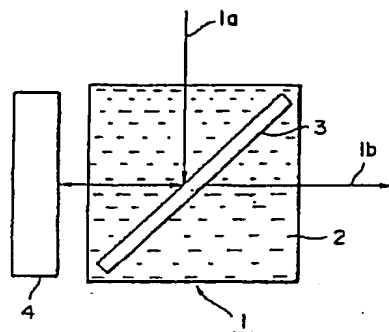


【図16】

図面代用写真

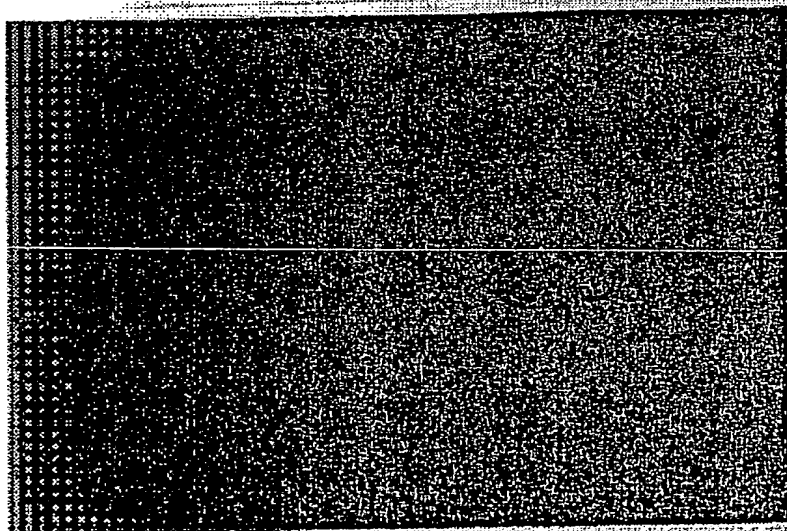


【図34】

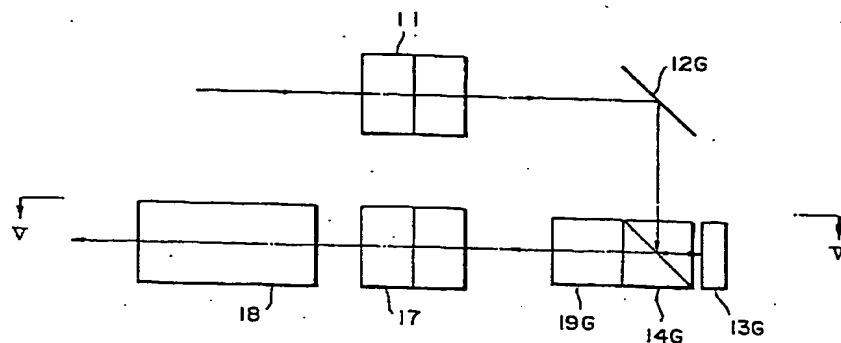


【図17】

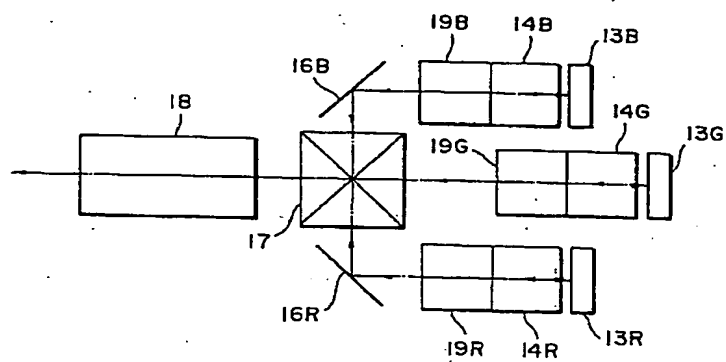
図面代用写真



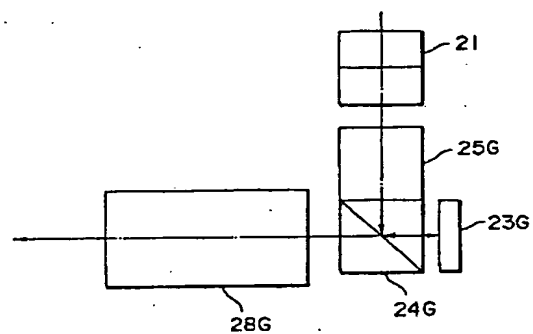
【図 18】



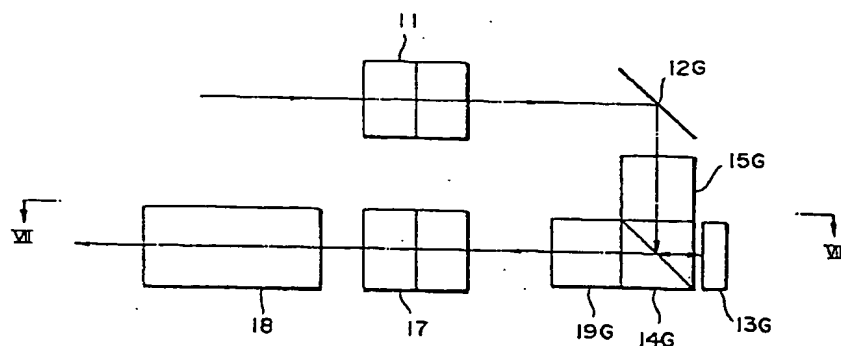
【図 19】



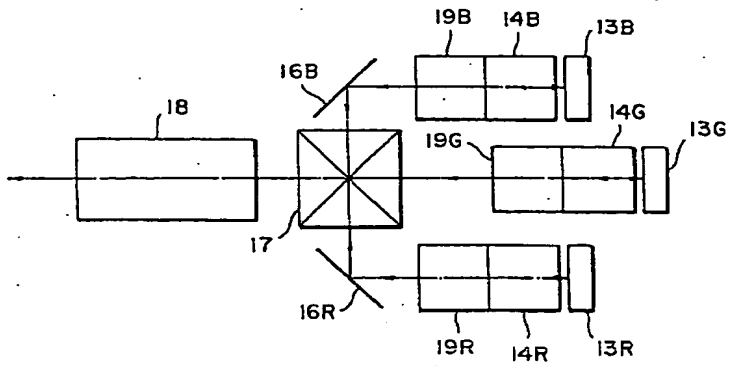
【図 29】



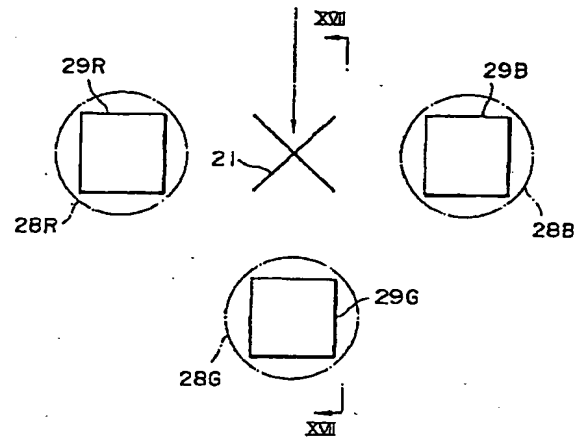
【図 20】



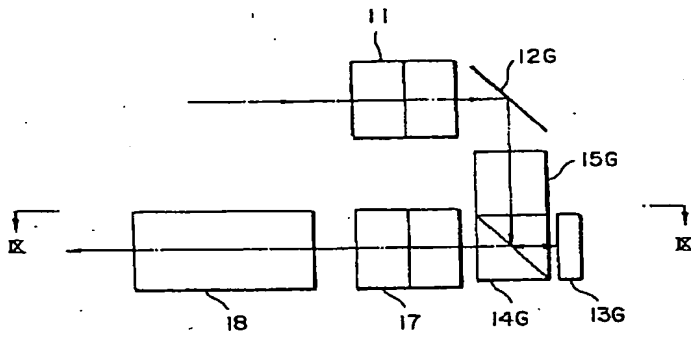
【図 21】



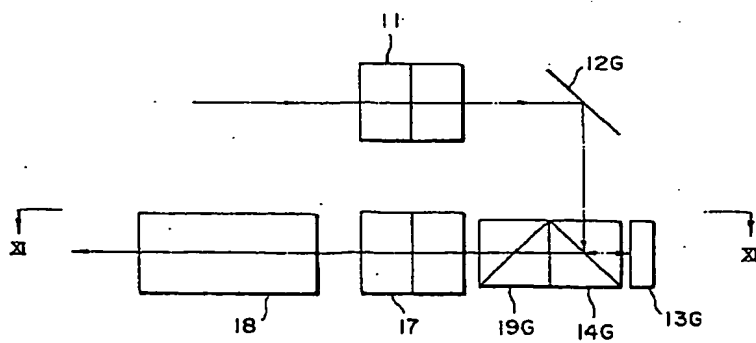
【図 30】



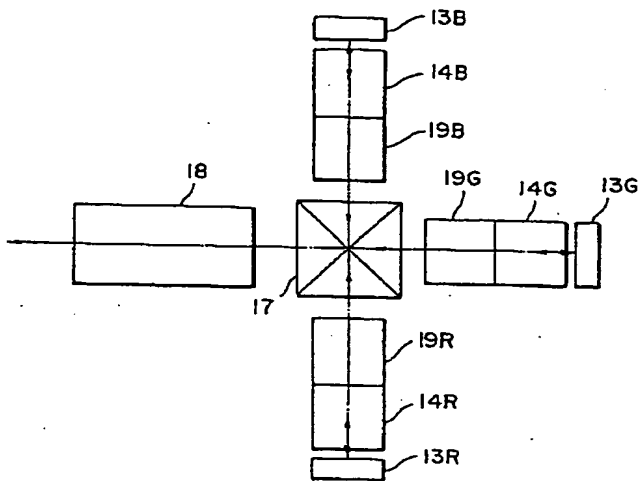
【図 22】



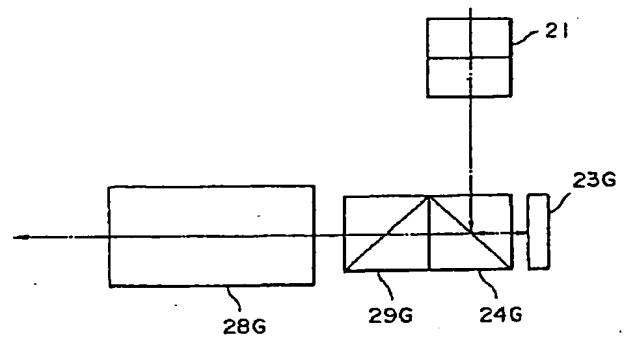
【図 24】



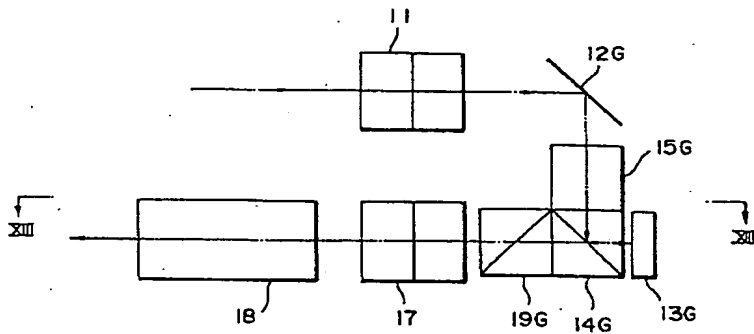
【図25】



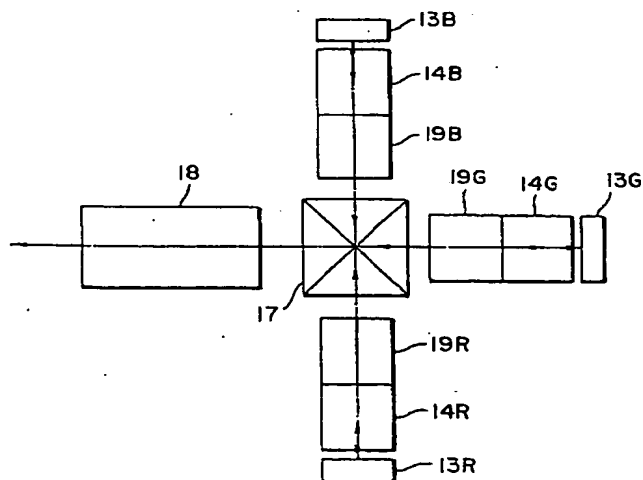
【図31】



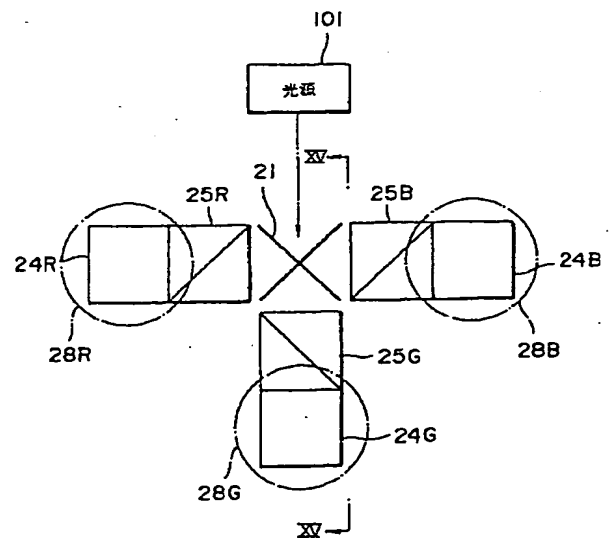
【図26】



【図27】

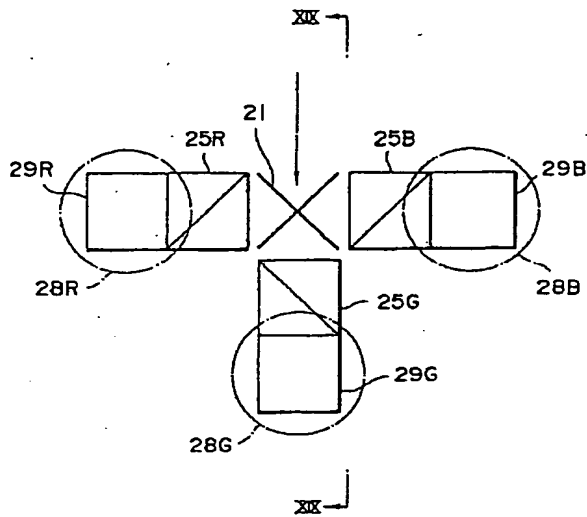


【図28】

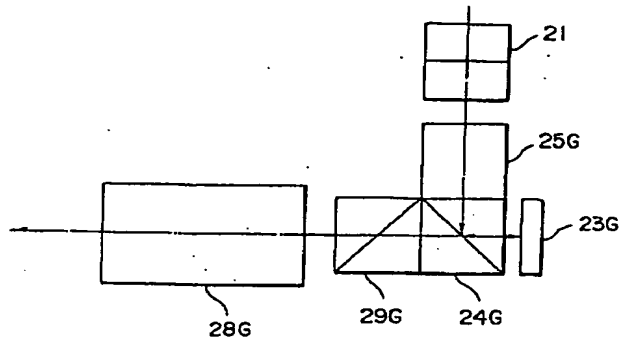




【図 3 2】



【図 3 3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 4 N 5/74

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 N 5/74

技術表示箇所

B

(72) 発明者 島村 尚孝

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株  
式会社ニコン本社内

(72) 発明者 上田 基

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株  
式会社ニコン本社内

(72) 発明者 長谷川 雄

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株  
式会社ニコン本社内